



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

Pamuklu Süprem Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Basınç Farkına Bağlı Olarak Tahminlenmesi

Prediction of Air Permeability of Single Jersey Cotton Fabrics Related to Pressure Difference

Nida OĞLAKCIOĞLU, Ahmet ÇAY, Burak SARI
Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir Türkiye.

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 31 Aralık 2017 (31 December 2017)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Nida OĞLAKCIOĞLU, Ahmet ÇAY, Burak SARI(2017): Pamuklu Süprem Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Basınç Farkına Bağlı Olarak Tahminlenmesi, Tekstil ve Mühendis, 24: 108, 260-268.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920172410805>



Arastırma Makalesi / Research Article

PAMUKLU SÜPREM KUMAŞLARDA HAVA GEÇİRGENLİĞİNİN BASINÇ FARKINA BAĞLI OLARAK TAHMİNLENMESİ

Nida OĞLAKCIOĞLU*
Ahmet ÇAY
Burak SARI

Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 24.03.2017

Kabul Tarihi / Accepted: 14.11.2017

ÖZET: Hava geçirgenliği, giyim konfor özellikleri arasında önemli bir yere sahiptir. Hem ısı transferinin daha kolay yapılmasını hem de nefes alabilirlik özelliği ile kişinin daha konforlu hissetmesini sağlayan bu özellik, birçok parametreden etkilenen kompleks bir niteliklidir. Bu çalışma kapsamında hava geçirgenliği kumaş özellikleri ile birlikte basınç farkı da dikkate alınarak öngörülmüştür. Varyans analizi sonuçları, elde edilen modelin anlamlı olduğunu ortaya koymuş ve hava geçirgenliğinin yüksek güvenilirlikte tahminlenebildiğini göstermiştir. Çalışmada ayrıca, basınç farkının hava geçirgenliği özelliğine etkisi detaylı olarak incelenerek ve kumaşların basınç artışına bağlı davranışları analiz edilmiştir. Sonuçlar, uygulanan basınç farkı artışı ile hava geçirgenliği değerlerinin arttığını ve kumaş sıklığına bağlı olarak bu artışı eğilimin değiştiğini ortaya koymuştur. Bu durum, hava geçirgenliği ve gözeneklilik arasındaki ilişkiye bağlı olarak irdelenmiştir. Seyrek kumaşlarda, özellikle yüksek basınç farklarındaki hava akımlarında, kumaş yapısının deforme olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Örme kumaş, süprem, hava geçirgenliği, doğrusal regresyon, tahminleme, basınç farkı

PREDICTION OF AIR PERMEABILITY OF SINGLE JERSEY COTTON FABRICS RELATED TO PRESSURE DIFFERENCE

ABSTRACT: Air permeability has an important role among clothing comfort characteristics and it is a complex feature that is affected by many parameters. It makes heat transfer easier besides more comfortable feeling due to high breathability. The aim of this study was the prediction of air permeability by both fabric properties and pressure drop. For this purpose, an equation was presented by linear regression method using fabric density, tightness factor and pressure difference. The results of the variance analysis showed that the air permeability could be estimated with high reliability. The study also tested air permeability values at increasing pressure differences in order to investigate the behaviour of fabric structures related to pressure difference. The results indicated that the applied pressure differences increased the air permeability values and the tendency of increment changed depending on the fabric tightness. This situation was defined by the relation between air permeability and porosity. A deformation in loose fabric structures at high air pressure differences was revealed.

Keywords: Knitted fabric, single jersey, air permeability, linear regression, prediction, pressure difference

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: nida.gulsevin@ege.edu.tr

DOI: 10.7216/1300759920172410805, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Havanın lif, iplik ve kumaş yapısındaki boşluklardan geçebilme yeteneğini ifade eden hava geçirgenliği, bir materyalin iki yüzeyi arasından belirli basınç farkı altında geçen havanın hızı olarak tanımlanmaktadır. Isı transferinin daha kolay yapılmasını sağlayan ve nefes alabilirlik özelliğini belirleyen bu parametre, ısı konfor özellikleri arasında önemli bir yere sahiptir [1]. Örneğin bir malzeme hava geçirgenliğine sahipse, aynı zamanda hem buhar hem de sıvı fazda nem geçirgenliğine sahip olabilmektedir. Bu nedenle buhar-sıvı nem geçirgenliği ve sıvı nem iletimi hava geçirgenliği ile az ya da çok ilintilidir [2]. Diğer yandan bir kumaşın ısı direnci büyük oranda içerisinde bulunan durgun havaya bağlıdır [1] ve hava sınır tabakası ile de yakından ilişkilidir. Kumaşlarda hava geçirgenliği arttıkça, hareket edebilen hava miktarı da artacağından, kumaş yapısından transfer edilen ısı akısı artmaktadır. Özellikle hava akımının yüksek olduğu rüzgarlı ortamlarda bu etki artmakta ve hava akımı nedeniyle kumaş yapısında meydana gelen deformasyon etkileri ısı transferini daha da artırmaktadır [3].

Kullanım alanına bağlı olarak kumaşlardan beklenen hava geçirgenliği derecesi farklılık göstermektedir. Yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaşlar, vücut ile çevre arasında hava sirkülasyonunu sağlarken; hava geçirgenliği düşük olan yapılar havanın transfer edilmesini önleyerek ısı kaybını azaltmaktadır [4]. Giyim performansının yanı sıra, kumaş üretim proseslerinin verimi de, örneğin vakumla ön kurutma veya ısı kurutma sırasındaki su uzaklaştırma derecesi, kumaşların hava geçirgenliği ile ilişkili olabilmektedir [5-7]. Giysilik dışında kullanılan yelken bezi, paraşüt, filtre, membran, ambalaj gibi bazı teknik kumaşlarda da performansı etkileyen en önemli parametrelerden birisi hava geçirgenliğidir. Kumaşların hava geçirgenliği, lif özelliklerinden kumaş özelliklerine kadar birçok faktörden etkilenmektedir. Bu özelliklerin başında kumaş gözenekliliği gelmektedir [8].

Bu konuda yapılan çalışmalar lif özelliklerinin [9-19], iplik yapısının [10, 20-24] ve kumaş özelliklerinin [3, 13, 14, 17, 19-22, 25-33] hava geçirgenliğine önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar genel olarak lif tipi, lif kesit şekli, filaman sayısı, iplik eğirme yöntemi, iplik inceliği, iplik büküm katsayısı, iplik tüylülüğü, kumaş gözenekliliği, kumaş sıklığı ve kumaş kalınlığının hava geçirgenliğini önemli oranda değiştirdiğini göstermektedir. Ayrıca kumaş gözenekliliğini değiştiren her türlü terbiye işleminin de hava geçirgenliğini değiştirdiği bilinmektedir [34-38]. Şardonlama, kalandırlama, dinkleme gibi kumaş yüzey özelliklerini değiştiren mekanik bitim işlemleri ile kumaş gözeneklerinin kapanmasına neden olan su geçirmezlik bitim işlemi gibi kaplama uygulamaları hava geçirgenliği etkileyen en önemli terbiye işlemleri arasındadır.

Görüldüğü gibi kumaşların hava geçirgenliği birçok parametreden etkilenen kompleks bir özelliktir. Hava geçirgenliğini etkilediği düşünülen bu parametreler kullanılarak kumaşların hava geçirgenliğinin öngörülmesine yönelik bir dizi çalışma bulunmaktadır. İzleyen kısımda, bu çalışmanın da malzemesini oluşturan örme kumaşların hava geçirgenliğinin tahminlenmesine

yönelik gerçekleştirilen araştırmalara değinilmektedir. Mavruz ve Oğulata [39] farklı iplik numarası, örgü tipi ve sıklıklarda örülen kumaşları kullanarak hava geçirgenliğinin regresyon analizi ile öngörülmesi üzerine yaptıkları çalışmada, bağımsız değişken olarak iplik numarası, kumaş kalınlığı, ilmek sıklığı ve ilmek iplik uzunluğunu kullanmışlardır. Süprem, ribana ve interlok örgü yapısındaki kumaşlar için ayrı ayrı istatistiksel modeller verilmiş ve sunulan modellerin anlamlılığının yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmacılar diğer bir çalışmada [40], düz örme kumaşların gözenekliliğini ve hava geçirgenliğini tahminlemek için kumaşların geometrik parametrelerini kullanarak D'Arcy kanunu temelli teorik bir model geliştirmişlerdir. Oğulata ve Mavruz [41], ayrıca Taguchi yöntemini kullanarak hava geçirgenliğinin optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Mezarcıöz ve arkadaşları [42], süprem kumaşların hava geçirgenliğinin tahminlenmesi için hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanmış, kalınlık boyunca hava akımının üç boyutlu simülasyonu ile elde edilen verilerin deneysel sonuçlar ile büyük ölçüde uyumlu olduğunu bulmuşlardır. Oğlakçioğlu ve Kyosev [43], pamuk ve poliester ipliklerden üretilen örme kumaşların hava geçirgenliğinin kumaş kalınlığı ve gözenekliliğini kullanarak regresyon analizi ile tahminlemişlerdir. Hava geçirgenliğinin kullanılan malzeme tipinden ve örgü yapısından bağımsız olarak kumaş özellikleri kullanılarak tahminlenebileceğini göstermişlerdir. Gurkan Unal ve arkadaşları [44], lif ve iplik özelliklerinden hareketle doğrusal regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanarak süprem örgü kumaşlarda hava geçirgenliğini tahminlemişlerdir. Afzal ve arkadaşları [45] pamuk/polyester karışımli interlok kumaşların hava geçirgenliğini tahminledikleri çalışmada, lif karışım oranındaki değişimin kumaşların hava geçirgenliğini etkilemediğini göstermiş ve hava geçirgenliğinin tahminlemesinde cevap yüzeyi regresyon modellerinin başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Tüm bu çalışmalar hava geçirgenliğini doğrudan ve dolaylı yolla etkileyen birçok parametrenin varlığını ve bu parametrelerin de birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymaktadır. Bu nedenle hava geçirgenliğinin tahminlenmesinde önemli faktörlerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kumaş özelliklerinin yanı sıra hava geçirgenliği değerini belirleyen en önemli parametrelerden birisi de kumaşın maruz kaldığı basınç farkıdır. Pratikte farklı kullanım alanları için veya çeşitli teknik uygulamalarda daha yüksek basınç farklarıyla karşılaşılabilir. Standart giysilik kumaşlarda uygulanan basınç farkı 100Pa iken, hava filtreleri gibi teknik kumaşlarda 200Pa, hava yastıkları için 40-60kPa basınç farkı seçilmektedir. Diğer yandan vakumlu ön kurutmada 50kPa basınç farkı oluşmaktadır. Belkacemi ve arkadaşları bu konuda yaptıkları çalışmada hava geçirgenliği özelliğini basınç farkının bir fonksiyonu olarak tanımlamış ve basınç farkı artışı ile hava geçirgenliğinin kritik bir noktaya kadar artış gösterdiğini tespit etmiştir [46]. Gibson ve arkadaşları elastomerik yapıdaki kumaşların basınç artışından etkilenerek bozulduğunu ve dolayısıyla toplam akış alanı ve kumaş gözenek boyutunun arttığını ortaya koymuşlardır [47]. Babaarslan ve Kaynak farklı mikro lif çapına sahip poliester iplikler ile üretilen çeşitli dokuma kumaşların farklı basınçlar altındaki hava geçirgenliğini incelemişlerdir. Düşük basınç farklarında kumaş yapılarının geçirgenlik özellikleri birbirine yakınken; yüksek basınçlarda kalın filament

çapına sahip kumaşların hava geçirgenliğinin ince olanlara göre çok daha yüksek olduğu saptanmıştır [48]. Bu konuda yapılan çalışmalar kumaştan geçen hava miktarının basınç farkı ile direkt olarak ilişkili olduğu, ancak bu ilişkinin derecesinin kumaş yapısı, hava nemi ya da kumaşın ıslak/kuru olma durumu gibi diğer özelliklerden de etkilendiğini göstermiştir [46-50].

Hava geçirgenliğinin tahminlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda basınç farkının genellikle sabit tutulduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında ise önceki çalışmalardan farklı olarak hava geçirgenliğinin öngörülmesinde kumaş özellikleri ile birlikte basınç farkı da dikkate alınmıştır. Bu amaçla çalışmada kumaşa ait temel özellikler ve basınç farkları kullanılarak doğrusal regresyon ile tahminleme yapılmıştır. Modelde kumaş yoğunluğu, sıklık faktörü ve basınç farkı bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Çalışmanın devam eden bölümünde, basınç farkının süprem örgü kumaşların hava geçirgenliği özelliğine etkisi detaylı olarak incelenerek, kumaşların basınç artışına bağlı davranışları analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada farklı numarada ipliklerle ve farklı ilmek iplik uzunlukları (2,5, 4,1 ve 4,3 mm) kullanılarak değişik kumaş sıklıklarında, Terrot SH130 (E28 ve 16 pus) yuvarlak örme makinesinde %100 pamuk ring iplikleri ile ($\alpha=3,8$) süprem kumaşlar üretilmiştir. Üretilen kumaşların özellikleri Tablo 1’de verilmektedir. Kumaşların ölçülen değerlerinin karşılaştırılabilir olması için aynı örme makinesinde ve aynı makine ayarlarıyla üretim gerçekleştirilmiştir. Ancak Ne60 iplik numarası ile çalışılan makinede homojen yapıda seyrek örme kumaşların elde edilmesi mümkün olmadığından, bu numara için yalnızca sık yapıdaki kumaş üretilmiştir.

Kumaşların gramaj, kalınlık ve sıklık testleri sırasıyla TS EN 12127, TS 7128 EN ISO 5084 ve TS EN 14971 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hava geçirgenliği değerleri ise Textest FX3300 test cihazında 20cm² alanda, 100 Pa basınç altında ve TS 391 EN ISO 9237 standardına uygun olarak tespit edilmiştir. Hava geçirgenliği ile kumaş özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla doğrusal regresyon ile tahminleme yapılmıştır. Regresyon analizi SPSS 20 ve GRETL programlarında enter metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Burada hava geçirgenliği bağımsız değişken; kumaş yüzeyleri arasındaki basınç farkı, kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerinden hareketle hesaplanan kumaş yoğunluğu (denklem 1) ile örme kumaşların örtücülük özelliklerini ortaya koyan ve ilmeklerin kumaş yüzeyinde kapladığı alandan yola çıkarak iki boyutta hesaplanan sıklık faktörü (denklem 2) bağımsız değişkenler olarak alınmıştır.

Tablo 1’de gösterilen 1 ve 3 kodlu kumaş numuneleri matematiksel modellemede kullanılırken; 2 kodlu numuneler modelin geçerlilik durumunun saptanması için test numunesi olarak seçilmiştir. Tüm ölçümler standart atmosfer koşullarında 10’ar tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Tekstil malzemeleri yapıları itibarıyla heterojen olmaları sebebiyle aynı kumaşın farklı bölgelerinden elde edilen veriler farklılık gösterir. Bu amaçla, her bir örneklemin hava geçirgenliği ölçüm bölgesinin sahip olduğu özellikler (gramaj, kalınlık, ilmek iplik uzunluğu vb.) test edilmiştir. Dolayısıyla regresyon analizinde ortalama değerlerin kullanılması yerine her bir numunenin ölçüm sonucu ayrı girdiler olarak işlenmiştir.

Hava geçirgenliği, test standartlarına bağlı olarak 100 Pa veya 200 Pa basınç farkı altında ölçülmektedir. Ancak basınç farkı değiştiğinde, birim kumaş alanından birim zamanda geçen hava hacmi, diğer bir deyişle kumaş içerisinden geçen havanın hızı değişmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında, kumaşların artan basınç farklarında (100 Pa basınçtan başlayarak 50 Pa artışlarla 500 Pa basınca kadar) on farklı basınç altında hava geçirgenliği değerleri test edilmiştir.

$$\rho_{\text{kumaş}} = \frac{G}{h} \quad (1)$$

$$K = \frac{\sqrt{\text{Tex}}}{l} \quad (2)$$

Burada; P kumaş kumaş yoğunluğu (kg/m³), G kumaş gramajı (kg/m²), h kumaş kalınlığı (m), K sıklık faktörü, Tex iplik numarası ve l ilmek iplik uzunluğu (cm) değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 1. Üretilen kumaş özellikleri

İplik Numarası	Kumaş Kodu	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Sıra sayısı (sıra/cm)	Çubuk sayısı (çubuk/cm)
Ne30	1	168,64	0,52	21,50	14,00
	2	104,20	0,59	10,50	12,50
	3	98,21	0,56	9,50	13,00
Ne40	1	134,63	0,45	20,50	14,50
	2	86,01	0,57	10,00	13,50
	3	78,01	0,50	9,50	13,50
Ne50	1	112,02	0,44	20,50	15,00
	2	66,41	0,52	10,50	14,00
	3	67,68	0,54	10,00	14,50
Ne60	1	100,79	0,44	20,00	15,50

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Hava Geçirgenliğinin Tahminlenmesi

Hava geçirgenliği ile ilişkili olduğu öngörülen parametrelerden hareketle hava geçirgenliğinin tahminlenmesi için basınç farkı, kumaş yoğunluğu ve sıklık faktörü değerleri bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Bu değişkenlerin hava geçirgenliğine etkisinin önemli ve hava geçirgenliği ile aralarındaki ilişkinin lineer olma durumu istatistiksel olarak incelenmiştir. 630 farklı hava geçirgenliği değeri ile Enter metodu kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizinin sonuçları Tablo 2’de ve korelasyon analizi Tablo 3’de verilmektedir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar tüm parametrelerin etkisinin önemli olduğunu ve seçilen kumaş parametrelerinin regresyon analizi için tanımlayıcı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Tüm bağımsız değişkenlerin modele dahil edilmesiyle oluşturulan denklem şöyledir:

$$HG = 8,40 + 15,88 \Delta P - 0,022 \left(\frac{G}{h}\right) - 0,119 \left(\frac{\sqrt{Tex}}{l}\right) \quad (3)$$

Tablo 2. Üretim parametreleri ile oluşturulan denklemdeki bağımsız değişkenlerin t değerleri

Bağımsız Değişkenler	Katsayı	t değeri	Önemlilik	VIF	R ²
Sabit	8,40	53,77	0,000	-	0,917
Basınç farkı	15,88	63,67	0,000	1,000	
Kumaş yoğunluğu	-0,022	-43,44	0,000	1,218	
Sıklık faktörü	-0,119	-8,97	0,000	1,218	

Tablo 3. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin korelasyon tablosu

	Basınç Farkı	Kumaş Yoğunluğu	Sıklık Faktörü
Hava Geçirgenliği	0,696	-0,619	-0,384
Önemlilik	0,000	0,000	0,000

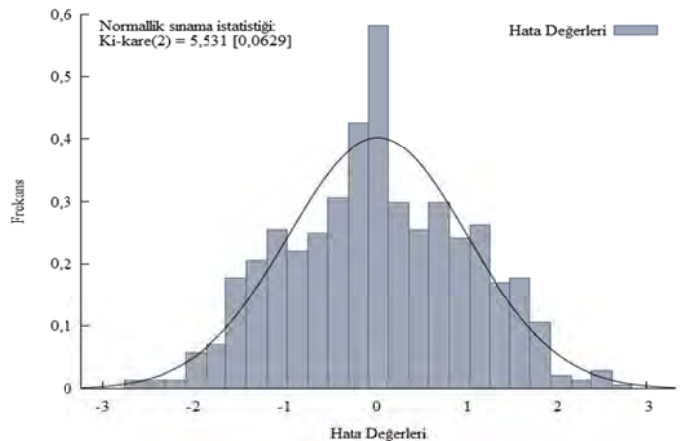
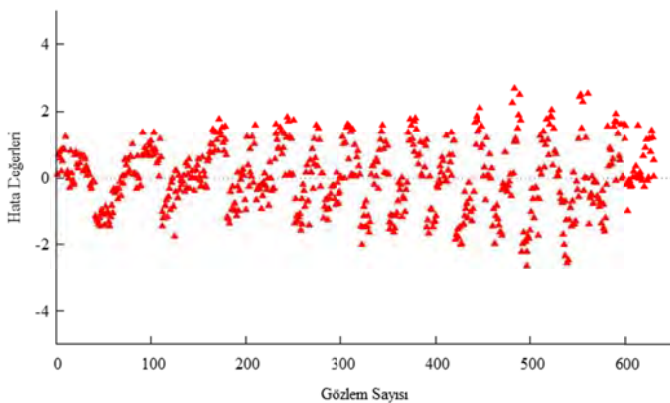
Tablo 4. Üretim parametreleri ile oluşturulan denklemin varyans analizi sonuçları

	Kareler toplamı	Serbestlik Derecesi(df)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önemlilik
Regresyon	6790,28	3	2263,42	2296,05	0,000
Artık(Hata)	617,11	626	0,98	-	-
Toplam	7407,39	629	-	-	-

Burada, HG hava geçirgenliğini ($m^3/m^2/s$), ΔP basınç farkı (Pa), G gramajı (kg/m^2), h kumaş kalınlığını (m), Tex iplik numarası ve l ilmek iplik uzunluğu (cm) ifade etmektedir.

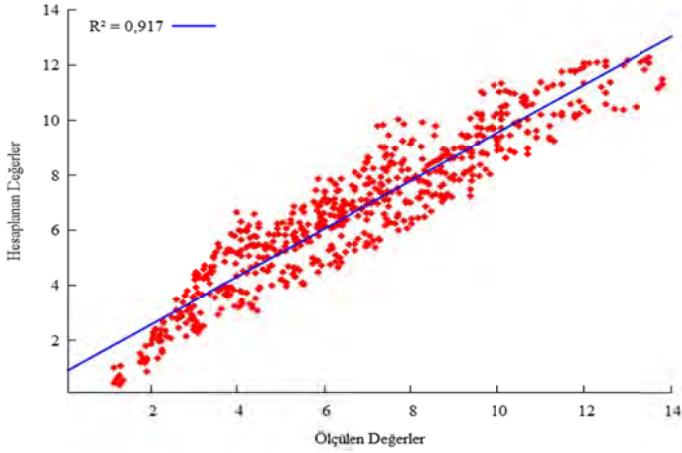
Denklemden görüldüğü gibi, kumaş yoğunluğunun ve sıklık faktörünün artışı ile kumaş daha kompakt bir yapı kazandığı için hava geçirgenliği azalmaktadır. Diğer yandan basınç farkındaki artış kumaşın içerisinden geçecek havanın miktarını artırdığından, geçirgenlik artmaktadır. Tablo 4’de verildiği üzere, incelenen parametreler arasında hava geçirgenliğine etkisi en yüksek olan basınç farkı iken, sıklık faktörü en düşük etkiye sahiptir.

Ayrıca Tablo 4, elde edilen denklemin varyans analizi sonuçlarına göre anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans şişirme katsayılarının (Variance Inflation Factor - VIF) 10’dan az olması (Tablo 2), bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantının (multicollinearity) olmadığını göstermektedir [51]. Hata değerleri dağılımının, grafiklerde görüldüğü gibi normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir (Şekil 1).



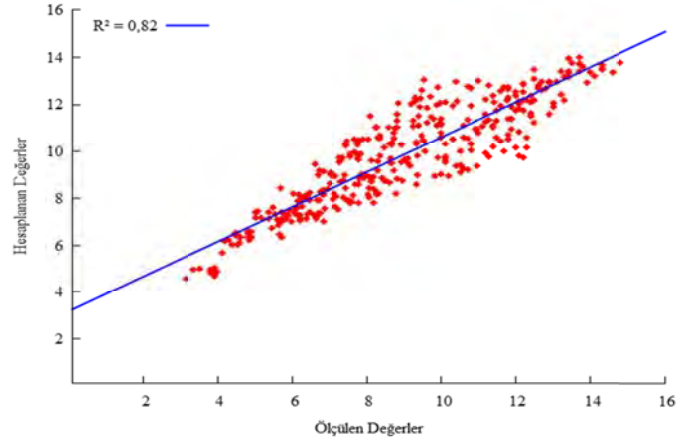
Şekil 1. Hata değerleri dağılımı

Hava geçirgenliği değerinin tahminlenmesi için oluşturulan matematiksel modelde, 1 ve 3 sıklık değerlerinde üretilen kumaşların sonuçları dikkate alınmıştır. Şekil 2’de, denklemden kullanılan kumaş gruplarının ölçülmüş hava geçirgenliği değerleri ile hesaplanan hava geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki görülmektedir. Bu ilişkide R^2 değeri 0,92 olarak saptanmıştır.



Şekil 2. Ölçülen ve hesaplanan hava geçirgenliği değerleri ($m^3/m^2/s$)

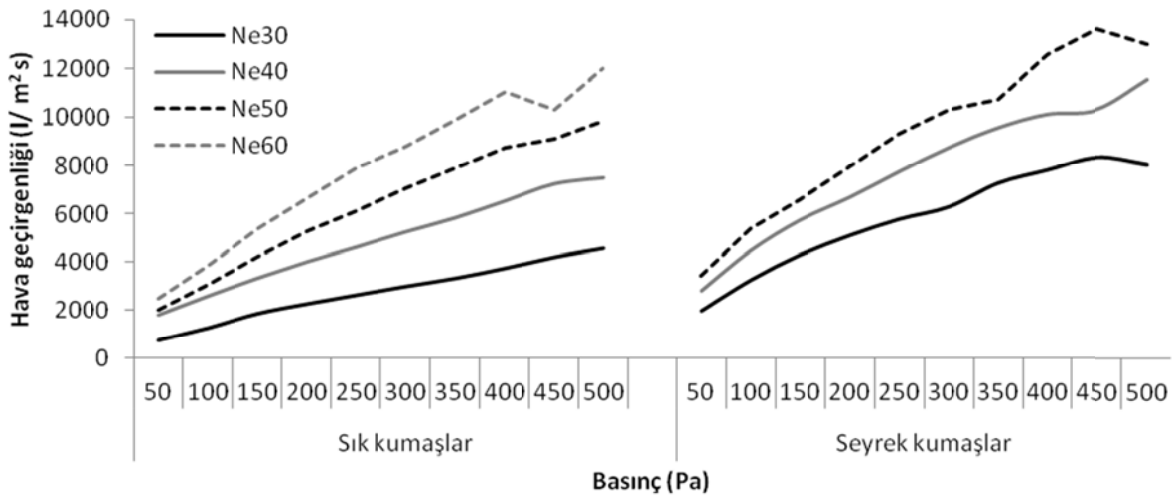
Elde edilen modelin kontrolü 2 kodu ile üretilen kumaşlarla yapılmıştır. Şekil 3’de denklemin geçerlilik durumunun tespit edilebilmesi için yapılan karşılaştırma yer almaktadır. Burada kumaşların ölçülmüş hava geçirgenliği değerleri ve model ile tahmin edilen hava geçirgenliği değerleri arasındaki bağıntı görülmektedir. Görüldüğü gibi test kumaşlarının hava geçirgenliği değerleri R^2 değeri (0,82) ile tahminlenmiştir.



Şekil 3. Ölçülen ve tahminlenen hava geçirgenliği değerleri ($m^3/m^2/s$)

3.2 Basınç Farkının Hava Geçirgenliğine Etkisi

Hava geçirgenliği regresyon sonuçları incelendiğinde, düşük basınç farklarında elde edilen hata değerlerinin yüksek basınç farklarına göre daha az olduğu gözlenmiştir. Bu durumun süprem kumaşların esnek yapıları nedeniyle basınç artışına bağlı olarak kumaş yapısındaki deformasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4’de basınç farkına bağlı olarak hava geçirgenliği sonuçları sık (1 kodlu, bkz. Tablo 1) ve seyrek kumaş (3 kodlu, bkz. Tablo 1) yapıları için ayrı ayrı gösterilmektedir. Burada, basınç farkı arttıkça hava geçirgenliği arttığı; ancak, kumaş sıklığına bağlı olarak bu artıştaki eğilimin değiştiği görülmektedir. Seyrek kumaşlarda basınç farkına bağlı olarak hava geçirgenliğindeki artış daha fazladır. Sık örülen kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin artan basınç farkı ile doğrusal olduğu; seyrek kumaşlarda düşük basınç seviyelerinde bu eğilimin benzer olduğu, ancak yüksek basınç farklarında doğrusallıktan sapmaların görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 4. Farklı basınç değerlerinde kumaşların hava geçirgenliği değerleri

Yukarıdaki açıklamaların ışığında, yüksek basınç farklarında kumaş yapısında meydana gelen deformasyonu, diğer bir deyişle kumaş gözenek boyutlarındaki değişimi doğrulamak için kumaş gözenekliliği ile hava geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda toplam gözeneklilik hesaplanması dikkate alınmıştır (denklem 4) [52].

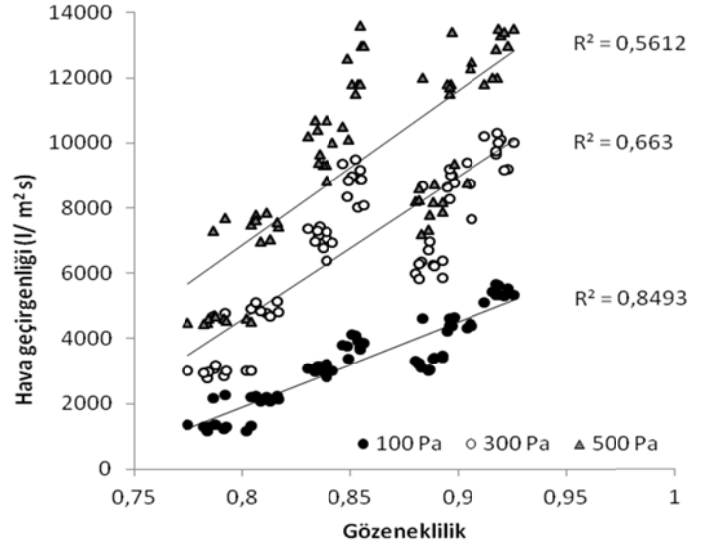
$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho_{\text{kumaş}}}{\rho_{\text{lif}}} \right) \quad (4)$$

Burada; ε gözeneklilik (%), $\rho_{\text{kumaş}}$ kumaş yoğunluğu (kg/m^3) ve ρ_{lif} lif yoğunluğu (g/cm^3) değerlerini ifade etmektedir. Hesaplama lif yoğunluğu pamuk için $1,52 \text{ g/cm}^3$ olarak kabul edilmiştir [53].

Şekil 5’de, hesaplanan toplam gözeneklilik ile farklı basınçlardaki hava geçirgenliği arasındaki ilişki gösterilmektedir. Görüldüğü gibi gözeneklilik arttıkça, hava geçirgenliği artmaktadır. Bu artış, basınç farkı arttıkça daha belirgindir. Diğer yandan, 100 Pa basınç farkında ölçülen hava geçirgenliği değerleri ile gözeneklilik arasında kuvvetli bir ilişki varken ($R^2=0,85$); basınç arttıkça gözeneklilik ile hava geçirgenliği arasındaki ilişki zayıflamaktadır (örneğin 500 Pa basınçta $R^2= 0,56$). Bu değişimin yüksek hava akımı sırasında ipliklerin kayması ve gözenek boyutlarının genişlemesi sonucu olduğu düşünülmektedir. Ortaya çıkabilecek bu deformasyon, kumaş yapısıyla da direkt olarak ilişkilidir.

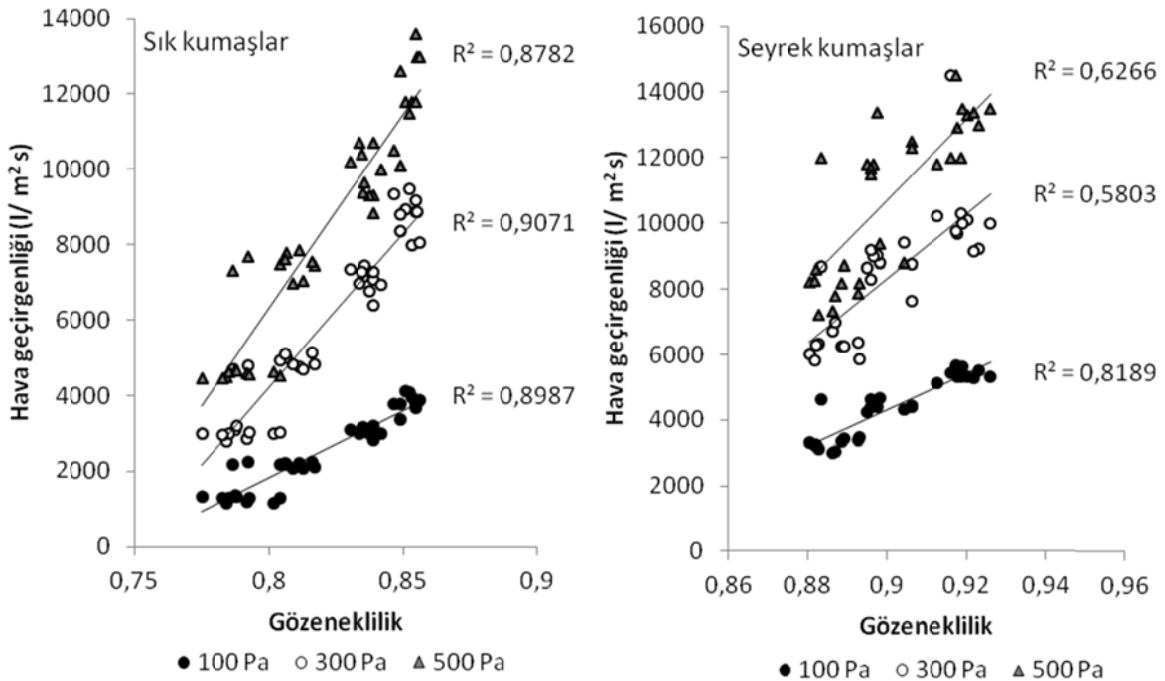
Şekil 6’da, seçilen basınç farklarında sık ve seyrek yapı kumaşlar için gözeneklilik-hava geçirgenliği ilişkisi gösterilmektedir. Sık yapıdaki kumaşlarda, basıncın artması ile gözeneklilik-hava geçirgenliği ilişkisi etkilenmezken; seyrek kumaşlarda,

hesaplanan gözeneklilik değerlerinin özellikle yüksek basınç farklarında hava geçirgenliğinin tanımlanması açısından tek başına yetersiz kaldığı görülmektedir (örneğin 100 Pa’da $R^2= 0,82$ iken 500 Pa’da $R^2=0,63$).

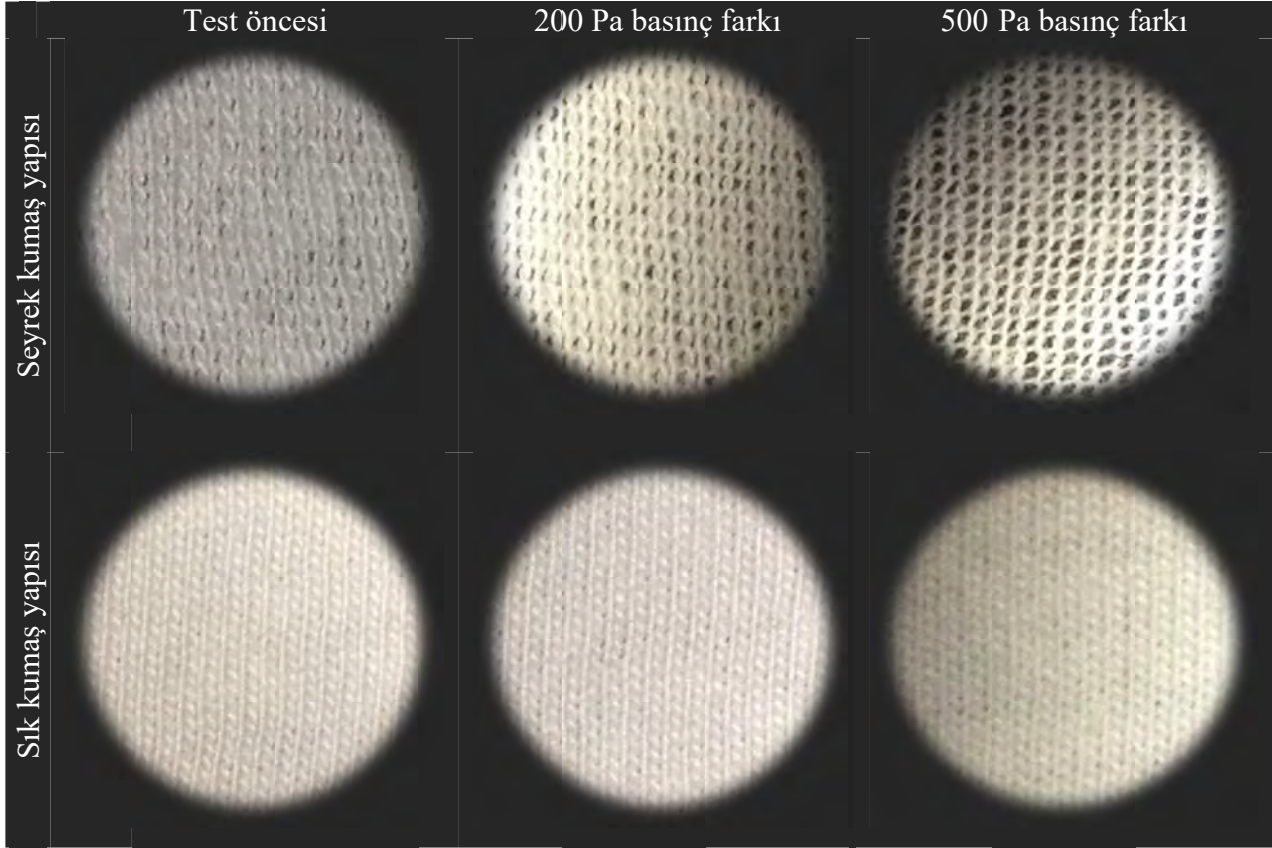


Şekil 5. Değişik basınç farklarında ölçülen hava geçirgenliği ile gözeneklilik arasındaki ilişki

Şekil 7’de Ne30 iplik numarası ile sık ve seyrek yapıda örülmüş kumaşların, hava geçirgenliği testi öncesi ve testi sırasında çekilen fotoğrafları verilmektedir. Görüldüğü gibi seyrek kumaşlarda basınç farkı artışı ile kumaş yapısındaki gözenekler büyürken; sık kumaşlarda böyle bir deformasyon meydana gelmemiştir.



Şekil 6. Sık ve seyrek kumaşlar için gözeneklilik-hava geçirgenliği ilişkisi



Şekil 7. Sık ve seyrek örme kumaşlar için hava geçirgenliği testi öncesi ve test sırasındaki görüntü örnekleri

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, hava geçirgenliği kumaş özellikleri ile birlikte basınç farkı da dikkate alınarak doğrusal regresyon ile tahminleme yapılmıştır. Modelde kumaş yoğunluğu, sıklık faktörü ve basınç farkı bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. İstatistiksel sonuçlar seçilen tüm parametrelerin etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. Varyans analizi sonuçları da, elde edilen modelin anlamlı olduğunu ortaya koymuş ve hava geçirgenliğinin yüksek güvenilirlikte tahminlenebildiği görülmüştür. Ayrıca regresyon sonuçları, düşük basınç farklarında elde edilen hata değerlerinin yüksek basınç farklarına göre daha az olduğunu göstermiştir. Süprem kumaşların sahip olduğu esnek yapıları nedeniyle kaynaklandığı düşünülen bu durum, çalışma kapsamında detaylı olarak irdelenmiştir. Sonuçlar uygulanan basınç farkı artışı ile hava geçirgenliği değerlerinin arttığını; ancak kumaş sıklığına bağlı olarak bu artıştaki eğilimin değiştiğini göstermiştir. Seyrek kumaşlarda basınç farkına bağlı olarak hava geçirgenliğindeki artış daha fazla olmaktadır ve bu artışın kumaş yapısındaki deformasyondan, yani kumaş gözeneklerindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmüştür. Basınç farkına bağlı olarak kumaş gözenek boyutlarında meydana gelen değişimi doğrulamak için kumaş gözenekliliği ile hava geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Kumaşların gözenekliliği ile düşük basınç farklarında ölçülen hava geçirgenliği arasındaki ilişkinin yüksek olmasına rağmen, özellikle seyrek kumaş yapılarında ve yüksek basınç altında bu

ilişkinin büyük ölçüde zayıfladığı tespit edilmiştir. Bu durum, yüksek basınç farklarında yüksek hava hızı nedeniyle gözenek boyutlarındaki değişim doğrulamaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Tuğçe Özen, Hale Albayrak ve Gözde Gündüz'e teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Marmaralı, A., Oğlacioğlu, N., (2013), *Giysilerde Isıl Konfor*, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1957-1963, 17-20 Nisan, İzmir.
2. Kırıcı, T., Kanat, Z.E., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I., Taşkın, C., Çay, A., (2007), *Tekstil Materyallerinde Gözenekliliğin Önemi*, *Tekstil & Teknik*, 23(271), 180-186.
3. Akkış, B., (2009), *Farklı İplik Numaralarından Örülmüş Değişik Örgü Tiplerinin Kumaşın Fiziksel Özelliklerine Etkisi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
4. Kaplan, S., Okur, A., (2005), *Kumaşın Geçirgenlik-İletkenlik Özelliklerinin Giysi Termal Konforu Üzerindeki Etkileri*, *Tekstil Maraton*, 2, 56-65.
5. Çay, A., Vassiliadis, S., Rangoussi, M., Tarakçıoğlu, I., (2007), *Prediction of the Air Permeability of Woven Fabrics Using Neural Networks*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 19(1-2), 18-35.

6. Çay, A., Tarakçıoğlu, I., (2008), *Relation Between Fabric Porosity And Vacuum Extraction Efficiency: Energy Issues*, Journal of the Textile Institute, 99(6), 499-504.
7. Vassiliadis, S., Rangoussi, M., Çay, A., Provatidis, C., (2010), Artificial Neural Networks and Their Applications in the Engineering of Fabrics, in *Woven Fabric Engineering*, Dubrovski, P.D. (Ed.), Sciyo, Rijeka.
8. Turan, R.B., Okur, A. (2008), *Kumaşlarda Hava Geçirgenliği*, Tekstil ve Mühendis, 15(72), 16-25.
9. Bozdoğan, S., (2008), *Poliester Lif Özelliklerinin Örmeye Kumaşların Isıl Konfor ve Mekanik Özelliklerine Etkisi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
10. Bhattacharya, S.S., Ajmeri, J.R., (2013), *Factors Affecting Air Permeability of Viscose & Excel Single Jersey Fabric*, International Journal of Engineering Research and Development, 5(7), 48-54.
11. Gupta D., Kothari V.K., Jhanji Y., (2014), *Heat and Moisture Transport in Single Jersey Plated Fabrics*, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 39, 115-121.
12. Oğulata R.T., Mavruz S., (2010), *Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 18, 71-75.
13. Bivainytė, A., Mikučionienė, D., (2011), *Investigation on the Air and Water Vapour Permeability of Double-Layered Weft Knitted Fabrics*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 19(3), 69-73.
14. Çoruh, E., (2015), *Optimization of Comfort Properties of Single Jersey Knitted Fabrics*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 23(4), 66-72.
15. Kaynak, H.K., Babaarslan, O., (2012), *Filament İnceliğinin Mikrolif Örgü Spor Giysiliklerin Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması*, Tekstil ve Mühendis, 17(78), 20-24.
16. Kaynak, H.K., Babaarslan, O., (2016), *Effects of Filament Linear Density on the Comfort Related Properties of Polyester Knitted Fabrics*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 24(1), 89-94.
17. Demiryürek, O., Uysaltürk, D., (2013), *Thermal Comfort Properties of Viloft/Cotton and Viloft/Polyester Blended Knitted Fabrics*, Textile Research Journal, 83(16), 1740-1753.
18. Cimilli, S., Nergis, B.U., Candan, C., Özdemir, M., (2010), *A Comparative Study of Some Comfort-related Properties of Socks of Different Fiber Types*, Textile Research Journal, 80(10), 948-957.
19. Demiröz Gün, A., (2011), *Dimensional, Physical and Thermal Comfort Properties of Plain Knitted Fabrics Made from Modal Viscose Yarns Having Microfibers and Conventional Fibers*, Fibers and Polymers, 12(2), 258-267.
20. Özkan, E.T., Meric, B., (2015), *Thermophysiological Comfort Properties of Different Knitted Fabrics Used in Cycling Clothes*, Textile Research Journal, 85(1), 62-70.
21. Chidambaram, P., Govind, R., Venkataraman, K.C., (2011), *The Effect of Loop Length and Yarn Linear Density on the Thermal Properties of Bamboo Knitted Fabric*, Autex Research Journal, 11(4), 102-105.
22. Liu, Y., Hu, H., (2011), *Compression Property and Air Permeability of Weft Knitted Spacer Fabrics*, Journal of the Textile Institute, 102(4), 366-372.
23. Gülşen, G., Ala, D.M., (2015), *An Investigation About Relation Between Comfort Features and Selected Structural Parameters of Knitted Fabrics*, 15th Autex World Textile Conference, June 10-12, Bucharest, Romania.
24. Sitotaw, D., (2016), *Effect of Twist Multipliers on Air Permeability of Single Jersey and 1x1 Rib Fabrics*, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 10(1), 1-8.
25. Wilbik-Hałgas, B., Danych, R., Więcek, B., Kowalski, K., (2006), *Air and Water Vapour Permeability in Double-Layered Knitted Fabrics with Different Raw Materials*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 14(3), 77-80.
26. Kanakaraj, P., Ramachandran, R., Dasaradan, B.S., (2014), *Development of Multi-Layer Fabric on a Flat Knitting Machine*, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 9(2), 25-31.
27. Kane, C.D., Patil, U.J., Sudhakar, P., (2007), *Studies on the Influence of Knit Structure and Stitch Length on Ring and Compact Yarn Single Jersey Fabric Properties*, Textile Research Journal, 77(8), 572-582.
28. Nazir, A., Hussain, T., Ahmad, F., Faheem, S., (2014), *Effect of Knitting Parameters on Moisture Management and Air Permeability of Interlock Fabrics*, Autex Research Journal, 14(1), 39-46.
29. Sarı, B., Oğlakcioğlu, N., (2014), *Effect of Production Parameters on Permeability Properties of Compression Stockings*, 2nd International Congress on Healthcare and Medical Textiles, 117-118, September 25-26, Izmir.
30. Marmaralı, A., (2003), *Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics*, Textile Research Journal, 73(1), 11-14.
31. Bhattacharya, S.S., Ajmeri, J.R., (2014), *Air Permeability of Knitted Fabrics Made From Regenerated Cellulosic Fibres*, International Journal of Engineering Research and Development, 10(7), 16-22.
32. Bhattacharya, S.S., Ajmeri, J.R., (2013), *Investigation of Air Permeability of Cotton & Modal Knitted Fabrics*, International Journal of Engineering Research and Development, 6(12), 1-6.
33. Rahman, S., Smriti, S.A., Siddiqa, F., (2015), *Investigate the Relation Among Thickness, Relative Porosity and Air Permeability of Different Types of Knitted Fabrics*, International Journal of Current Engineering and Technology, 5(6), 3907-3910.
34. Ibrahim, N.A., Khalifa, T.F., El-Hossamy, M.B., Tawfik, T. M., (2010), *Effect of Knit Structure and Finishing Treatments on Functional and Comfort Properties of Cotton Knitted Fabrics*, Journal of Industrial Textiles, 40(1), 49-64.
35. Nazir, A., Hussain, T., Zia, Q., Afzal, M.A., (2014), *Improving Thermo-Physiological Comfort of Polyester/Cotton Knits by Caustic and Cellulases Treatments*, Autex Research Journal, 14(3), 200-204.
36. Ibrahim, N.A., Ibrahim, D.F., Elzairy, W.M., Eid, B.M., Tawfik, T.M., (2016), *Options for Enhancing Functional Properties of Knitted Cotton Fabrics*, Advance Research in Textile Engineering, 1(1), 1-7.
37. Mert, E., Oğlakcioğlu, N., Bal, Ş., Marmaralı, A., (2014), *Effects of Calendering and Milling Processes on Clothing Comfort Properties of Suit Fabrics*, Tekstil ve Konfeksiyon, 24(2), 212-218.
38. Akçakoca Kumbasar, E.P., Marmaralı, A., Oğlakcioğlu, N., (2011), *Finishing Treatment Effects on Thermal Comfort Properties of Three-Yarn Fleece Fabrics*, AATCC Review, 11(4), 46-51.
39. Mavruz, S., Oğulata, R.T., (2009), *Investigation and Statistical Prediction of Air Permeability of Cotton Knitted Fabrics*, Tekstil ve Konfeksiyon, 19(1), 29-38.
40. Oğulata, R. T., Mavruz, S., (2010), *Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics*, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 18(5), 71-75.

41. Oğulata, R. T., Mavruz, S., (2011), *Optimization of Air Permeability of Knitted Fabrics with the Taguchi Approach*, Journal of the Textile Institute, 102(5), 395-404.
42. Mezarcıöz, S., Mezarcıöz, S., Oğulata, R.T., (2014), *Prediction of Air Permeability of Knitted Fabrics by means of Computational Fluid Dynamics*, Tekstil ve Konfeksiyon, 24(2), 202-211.
43. Oğlacioğlu, N., Kyosev, Y., (2011), *Investigation About the Air Permeability of Weft Knitted Structures*, Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi, LVII, 4, 23-31.
44. Gürkan Ünal, P., Üreyen, M.E., Mecit, D., (2012), *Predicting Properties of Single Jersey Fabrics Using Regression and Artificial Neural Network Models*, Fibers and Polymers, 13(1), 87-95.
45. Afzal, A., Hussain, T., Malik, M.H., Rasheed, A., Ahmad, S., Basit, A., Nazir, A., (2014), *Investigation and Modeling of Air Permeability of Cotton/Polyester Blended Double Layer Interlock Knitted Fabrics*, Fibers and Polymers, 15(7), 1539-1547.
46. Belkacemi, K., Broadbent, A.D., (1999), *Air Flow through Textiles at High Differential Pressures*, Textile Research Journal, 69(1), 52-58.
47. Gibson, P.W., Desabrais, K., Godfrey, T., (2012), *Dynamic Permeability of Porous Elastic Fabrics*, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Special Issue - July 2012- Fibers, 29-36.
48. Babaarslan, O., Kaynak, H.K., (2012), *Air Permeability of Windproof Polyester Microfilament Fabrics at Different Pressure Drop Values*, Fiber Society 2012 Spring Conference: Fiber Research for Tomorrow's Applications.
49. Brasquet, C., Le Cloirec, P., (2000), *Pressure Drop Through Textile Fabrics-Experimental Data Modelling Using Classical Models And Neural Networks*, Chemical Engineering Science, 55, 2767-2778.
50. Gibson, P., Elbaz Elsaid, A., Kendrick, C.E., Rivin, D., Charmchi, M., (1997), *A Test Method to Determine the Relative Humidity Dependence of The Air Permeability of Woven Textile Fabrics*, Journal of Testing and Evaluation, 25, 416-423.
51. Hair, J.F., Black, W.C., Anderson, R.E., Babin, B.J., (2010), *Multivariate Data Analysis (7th ed)*, Pearson Education Limited, UK.
52. Hsieh, Y. L., (1995), *Liquid Transport in Fabric Structures*, Textile Research Journal, 65(5), 299-307.
53. Hearle, J.W.S., (2007), *Physical Structure and Properties of Cotton*, in Cotton: Science and Technology, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.